Journal of Agricultural Machinery
Vol. 8, No. 2, Fall - Winter 2018, p. 435-447

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۸، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۷، ص ۴۴۷-۴۳۵

ارزیابی زنجیره تولید تا فرآوری شیر از لحاظ مصرف انرژی و اثرات زیست‌محیطی (مطالعه موردی: شهرستان کرمانشاه)

زینب رمدانی[۱*]- رضا عبدی[۲]- محمود امید[۳]- محمدعلی میسمی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۱۱

چکیده

ارزیابی چرخه زندگی محصولات و فرآورده‌های غذایی راهکاری سازنده جهت درک میزان مصرف انرژی و تولید آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌باشد. فرآیند تولید محصولات لبنی اثرات قابل ملاحظه‌ای بر روی تغییرات زیست‌محیطی دارد. فعالیت‌های انجام شده در فرآیند تولید محصولات لبنی شامل سه بخش اصلی کارخانه لبنیات، واحدهای دامپروری و مزارع کشت علوفه، بر میزان تغییرات زیست‌محیطی اثرگذار است. در این تحقیق چرخه تولید محصولات لبنی در شهر کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفت. جهت انجام این کار، چرخه تولید به دو بخش شامل تولید شیر خام در دامداری‌ها و تولید فرآورده‌های لبنی در کارخانه لبنیات تقسیم‌بندی شد. در هر بخش الگوی مصرف انرژی و بارهای زیست‌محیطی بررسی شدند. نتایج نشان دادند که در بخش دامپروری، MJ ۶۲۸۶/۲۹ انرژی برای مقدار شیر تولید شده در ماه مصرف شده است. همچنین خوراک مصرفی دام ۴۵/۱۲٪ از کل انرژی مصرفی را شامل شد که بیشترین مقدار این انرژی به کنسانتره اختصاص داشت. کم‌ترین انرژی مصرفی نیز مربوط به نهاده ماشین با مقدار GJ ۰/۹۲ در ماه بوده است. ارزیابی چرخه زندگی تولید محصولات لبنی نشان داد که در کارخانه لبنیات نهاده شیر خام ایجادکننده بسیاری از گروه‌های تأثیرگذار زیست‌محیطی به‌خصوص گروه‌های تقلیل خاک، سرطان‌زایی و اسیدی شدن می‌باشد. در واحدهای دامداری نیز، کنسانتره بیش از ۹۰٪ در گروه‌های تأثیرگذار تقلیل خاک و سرطان‌زایی اثرگذار بوده است. استفاده از بیوگاز تولیدی در دامداری‌ها و آبگرمکن خورشیدی راهکار مناسبی در جهت تأمین قسمتی از نیاز به انرژی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی چرخه‌زندگی، الگوی مصرف انرژی، بارهای زیست‌محیطی، گازهای گلخانه‌ای، محصولات لبنی

مقدمه

صنعت مواد غذایی به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین بخش‌های صنعتی در جهان است و از این رو یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی می‌باشد. تولید مواد غذایی، حفظ و توزیع آن، مقدار قابل توجهی انرژی مصرف می‌کند که منجر به انتشار CO_2 به جو و در نتیجه موجب گرمایش جهانی می‌شود. علاوه بر این، مصرف‌کنندگان در کشورهای توسعه‌یافته خواهان غذای سالم با کیفیت بالا با حداقل اثرات جانبی بر محیط‌زیست می‌باشند (Boer, 2002).

در سال‌های اخیر، ایده استفاده از روش‌ها و تکنیک‌هایی جهت پاسخ به مفهوم پایداری مورد قبول عام مردم قرار گرفته است. این دیدگاه ارزیابی جامع و کاملی از عوارض تولیدات ساخته دست بشر بر روی محیط‌زیست در طی زمان و مکان انجام می‌دهد. یکی از روش‌های مورد قبول بین‌المللی برای بررسی اثرات جهانی فعالیت‌ها و مصنوعات بشری روش ارزیابی چرخه زندگی می‌باشد. ارزیابی چرخه زندگی امکان تخمین اثرات زیست‌محیطی تجمعی ناشی از همه مراحل چرخه زندگی محصول را فراهم می‌آورد. اثرات زیست‌محیطی شامل انتشارات به داخل محیط‌زیست، مصرف منابع و دخالت‌های مرتبط با تولیدات بشری که هنگام استخراج منابع، تولید مواد، ساخت محصولات، در طول مصرف و در انتهای زندگی محصولات (جمع‌آوری، دسته‌بندی، بازیافت، دفع ضایعات) اتفاق می‌افتد، می‌باشد (Consoli, 1993). این انتشارات و مصارف، اثرات گسترده‌ای را شامل می‌شوند. بنابراین، نیاز به دانش کافی و جامعی در این زمینه است تا با پیش‌بینی راهکارهای مناسبی این اثرات کاهش یابد.

۱- دانش‌آموخته دکتری مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشگاه تبریز، ایران
۲- دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تبریز، ایران
۳- استاد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تهران، ایران
۴- استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه تبریز، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: zeynab.ramedani@gmail.com)
DOI: 10.22067/jam.v8i2.63570

شیر، مهمترین محصول دامی است که در تغذیه انسان نقش ارزنده‌ای داشته و به‌تدریج که مواد تشکیل‌دهنده آن شناخته شده و ارزش‌های آن در اشکال مختلف پدیدار گشته، دارای اهمیت ویژه‌ای در برنامه غذایی روزانه گردیده است. گسترش و پیشرفت شیر توسط دامدای‌های صنعتی و کارخانه‌های صنایع شیر، موجب تغذیه بهتر و سلامت بیشتر و یکی از عوامل مهم ارزآوری در کشورهای پیشرفته گردیده است. با توجه با توسعه مدیریت انرژی در صنایع مختلف که هدف آن حداکثر نمودن سود و یا حداقل نمودن هزینه‌ها است و در نتیجه منجر به کاهش مصرف انرژی می‌گردد، برنامه و طرحی مدون جهت شروع فعالیت‌ها لازم است. از طرفی تدوین برنامه‌ای خوب و مناسب خود نیازمند تعریف دقیق اهداف به‌طور کمی و محسوس و تعیین معیارهای قابل اندازه‌گیری و یا شاخص‌های دسترسی به اهداف است.

همچنین به وضوح روشن است که زنجیره تولید محصولات لبنی که از تولید علوفه در مزرعه شروع شده و در نهایت تحت عنوان یک محصول لبنی مانند شیر یا ماست به‌دست مصرف‌کننده می‌رسد، دارای آلودگی‌های زیست‌محیطی متعددی است. بنابراین باید بتوان سهم هر یک از بخش‌های این زنجیره مانند دامداری‌ها را از کل گازهای گلخانه‌ای تولید شده تشخیص داد و توسط رویکردی مؤثر میزان آلودگی‌ها را کاهش داد. دانستن این نیازها موجب ایجاد انگیزه‌ای برای بررسی زنجیره تولید محصولات لبنی گردیده است.

تاکنون مطالعات زیادی در مورد ارزیابی چرخه زندگی در داخل و خارج از کشور بر روی تولید فرآورده‌های لبنی انجام شده است. Hospido و همکاران (۲۰۰۳) در کشور اسپانیا، Gonzalez و همکاران (۲۰۱۳) در در کشور پرتغال، Bartl و همکاران (۲۰۱۱) در کشور پرو و Mogensen و همکاران (۲۰۱۴) در کشور دانمارک از جمله پژوهشگرانی می‌باشند که در زمینه چرخه زیست‌محیطی تولید شیر مطالعه نموده‌اند. Sefeedpari (۲۰۱۲) در ایران تنها به بررسی الگوی مصرف انرژی در دامداری‌های استان تهران پرداختند. Soltnali و همکاران (۲۰۱۵) به ارزیابی چرخه زندگی، در زمینه تولید شیر در واحدهای دامپروری در استان گیلان، از دیدگاه محیط‌زیستی پرداخته و به‌ترتیب نهاده‌های خوراک، الکتریسیته و سوخت دیزل را بزرگترین منابع آلوده‌کننده محیط زیست معرفی نمودند. همچنین رفیعی و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه خود استان تهران به ارزیابی چرخه تولید شیر پاستوریزه در سه بخش مزرعه، دامداری و کارخانه پرداختند. آنها بخش مزرعه را بزرگترین بخش از لحاظ مصرف انرژی، آلودگی زیست‌محیطی و هزینه‌های اقتصادی معرفی نمودند. Daneshia و همکاران (۲۰۱۴) و نیز نبی‌پور و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی روند مصرف انرژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی در دامپروی‌ها پرداختند. با توجه به بررسی منابع صورت گرفته، همچنان نیاز به مطالعه بیشتر در زمینه ارزیابی زنجیره تولید شیر و سایر محصولات لبنی در ایران و به‌خصوص غرب کشور احساس می‌شود. بنابراین می‌توان اهداف این پژوهش را این‌گونه دانست: ۱- بررسی زنجیره کامل تولید انواع مختلف لبنیات موجود در شهرستان کرمانشاه با نام تجاری بیستون (شامل شیر، ماست و دوغ) از دامداری تا تولید لبنیات و بسته‌بندی آن‌ها در کارخانه از نظر میزان مصرف نهاده‌ها. ۲- ارزیابی چرخه زندگی[1] و چرخه تولید محصولات لبنی در جهت بررسی استانداردهای لازم برای کسب استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰.

مواد و روش‌ها

جریان انرژی در واحدهای دامپروری

جهت بررسی الگوی مصرف انرژی در بخش دامپروری، تعداد ۳۰ دامداری پرورش گاوهای شیری در شهرستان کرمانشاه در سال ۹۴-۹۳ مورد بررسی قرار گرفتند. این تعداد تقریباً تمامی واحدهای صنعتی و مکانیزه‌ای را شامل می‌شد که شیر تولیدی خود را به کارخانه شیر بیستون تحویل می‌دادند. نژاد دام‌های بررسی شده هلشتاین و میانگین تعداد دام‌های مولد هر واحد حدود ۱۵۰ راس بوده است. دام‌ها همگی پرتولید با میانگین تولید ۲۹ لیتر شیر در طی شبانه‌روز بودند.

نهاده‌های مورد استفاده در تولید محصولات دامی در واحدهای دامپروری صنعتی، شامل خوراک دام و تجهیزات دامپروی (آسیاب، واحدهای شیردوش، آیس بانک، شعله‌افکن و غیره)، الکتریسیته و سوخت‌های فسیلی (گازوئیل، نفت و بنزین) بوده و ستانده‌های دامی شامل شیر و کود می‌باشند. لازم به ذکر است که یک دوره تولیدی در این بخش ۳۶۵ روز است که شامل ۳۰۵ روز دوره شیردهی و ۶۰ روز دوره خشکی است. بنابراین محاسبات مربوط به الگوی مصرف انرژی در این بخش می‌تواند برحسب یک دام در یک سال بوده و یا اینکه برحسب هر کیلوگرم شیر تولیدی در یک دوره زمانی مثلاً یک ماه اتفاق بیفتد.

برای تعیین میزان انرژی معادل نهاده‌ها و ستانده‌ها از ضرایب انرژی متناظر با هر یک استفاده شد. ضرایب انرژی برای نهاده‌ها و ستانده‌های بخش دامپروری، در جدول ۱ ارائه شده‌اند. بنابراین انرژی معادل هریک از نهاده‌ها از حاصل‌ضرب میزان مصرف هر یک از آن‌ها در ضریب انرژی ویژه آن نهاده به‌دست آمد.

شاخص‌های انرژی

شاخص‌های انرژی مورد نظر در این تحقیق شامل نسبت انرژی خروجی به ورودی، بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و افزوده خالص انرژی به شرح ذیل تعریف می شوند (Ramedani *et al*., 2011).

1- Life Cycle Assessment

(۱) انـرژی ورودی ($MJ\ ha^{-1}$) / انـرژی خروجـی ($MJ\ ha^{-1}$) = نسبت انرژی

(۲) انرژی ورودی ($MJ\ ha^{-1}$) / میزان شـیر تولیـدی ($kg\ ha^{-1}$) = بهره‌وری انرژی

(۳) میزان شیر تولیدی ($kg\ ha^{-1}$) / انـرژی ورودی ($MJ\ ha^{-1}$) = شدت انرژی

(۴) انـرژی ورودی ($MJ\ ha^{-1}$) – انـرژی خروجـی ($MJ\ ha^{-1}$) = افزوده خالص انرژی

مصرف انرژی در کارخانه لبنیات

بررسی انرژی مصـرفی در هـر بخـش از تولیـد بـا اسـتفاده از دو شاخص انرژی کـه شـامل بهـره‌وری انـرژی و مصـرف انـرژی ویـژه هستند، انجام می‌گردد. بهره‌وری انرژی، نسبت وزن محصول سـتانده به کل انرژی نهاده در واحد سطح می‌باشد و با $kg\ MJ^{-1}$ یا $ton\ GJ^{-1}$ بیان می‌شود. در واقع این شاخص مقـدار محصـول تولیـدی بـه ازای مصرف یک واحد انرژی را بیان می‌کند.

مصرف انرژی ویژه (SEC[1]) شاخصی برای مقایسه میزان مصرف انرژی در واحدهای مختلف تولیدی می‌باشد. به‌طـور معمـول مصـرف ویژه انرژی را از دو روش محاسبه می‌کننـد. روش اول کـه بـا EEI_1 نشان داده شده است، به‌صورت میزان انرژی مصرف شده برای انجـام فرآیند بر روی یک تن شیر خام ورودی تعریف می‌گردد.

جدول ۱– محتوای انرژی نهاده‌ها و ستانده‌ها در تولید محصولات دامی

Table 1- Energy equivalent of inputs and outputs in dairy productions

عنوان (Item)	واحد (Unit)	محتوای انرژی (Energy equivalent, MJ unit $^{-1}$)	مرجع (Reference)
		نهاده‌ها (Inputs)	
		خوراک دام (Feed)	
کنسانتره (Concentrate)	kg	6.3	(Meul, 2007)
علوفه یونجه (Alfalfa)	kg	1.5	(Sainz, 2003)
ذرت سیلویی (Silage maize)	kg	2.2	(Wells, 2001)
کاه گندم (Wheat straw)	kg	1	(Wells, 2001)
		تجهیزات دامپروری Animals Husbandry Equipment	
تراکتور و ماشین‌های خودرو (Tractor and self-propelled machinery)	kg a*	9-10	(Kitani, 1999)
تجهیزات ثابت (Stationary equipment)	kg a*	8-10	(Kitani, 1999)
ابزار و دستگاه‌ها (Implement and machinery)	kg a*	6-8	(Kitani, 1999)
		سوخت فسیلی (Fossil fuel)	
بنزین (Gasoline)	L	46.3	(Kitani, 1999)
گازوئیل (Diesel)	L	47.8	(Kitani, 1999)
نفت (Kerosene)	L	36.7	(Kitani, 1999)
گاز طبیعی (Natural Gas)	m^3	49.5	(Kitani, 1999)
4. الکتریسیته(Electricity)	kWh	11.93	(Mousavi-Avval *et al*., 2011)
		ستانده‌ها	
1. شیر (Milk)	kg	7.14	(Coley *et al*., 1998)
2. کود دامی (FYM[۲])	kg	0.3	(Singh and Mittal, 1992)

* سال (Year)

1- Specific Energy Consumption
2- Farm yard manure

روش دوم که با EEI_2 نشان داده شده است، به‌صورت میزان انرژی مصرف شده برای تولید هر تن محصول خروجی تعریف می‌گردد. نحوه محاسبه این روش در دو رابطه زیر آمده است (Korsstrom and Lampi, 2001):

$$EEI_{1,J} = \frac{E_j}{MD} \quad (۵)$$

$$EEI_{2,J} = \frac{E_j}{\sum m_i \times SEC_{ref\ \ i,j}} \quad (۶)$$

که در آن j نوع انرژی (برای مثال برق، گازوئیل و غیره)، EEI_1 شاخص بازده انرژی برای سوخت j بر مبنای شیر خام ورودی (J ton^{-1})، E_j میزان مصرف انرژی در واحد لبنی برای سوخت j (J یا W)، MD میزان شیر خام ورودی به واحد لبنی (ton)، EEI_2 شاخص بازده انرژی برای سوخت بر مبنای محصول نهایی، m_i میزان محصول که با اندیس i مشخص می‌شود (ton)، $SEC_{ref\ \ i,j}$ مصرف انرژی ویژه برای مقدار معینی از محصول i و سوخت j (یعنی میزان انرژی اولیه برای تولید هر تن محصول).

در کارخانه لبنی تحت بررسی، دو نوع انرژی اصلی شامل انرژی الکتریکی و انرژی فسیلی گاز طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. داده‌های لازم در این بخش از طریق مصاحبه با مدیران و بازدید از کارخانه جمع‌آوری شده است. مشاهده قبوض برق و گاز چند سال متوالی کارخانه نیز تکمیل‌کننده اطلاعات لازم بودند. در این تحقیق میزان مصرف انرژی الکتریکی به ازای هر تن شیر ورودی ماهیانه در نظر گرفته شد (kWh ton^{-1}). محاسبه مصرف انرژی ویژه گاز با فرآیندی مطابق مصرف انرژی ویژه الکتریکی انجام شد.

ارزیابی چرخه زندگی

ارزیابی چرخه زندگی عبارت است از گردآوری و ارزیابی ورودی‌ها، خروجی‌ها و تأثیرات زیست‌محیطی بالقوه در یک فرآیند تولیدی در طول چرخه زندگی آن محصول (ISO, 2006). بر اساس این استاندارد، LCA دارای چهار مرحله می‌باشد. ۱- تعیین دامنه و هدف ۲- تحلیل سیاهه (موجودی) ۳- ارزیابی تأثیرات چرخه زندگی ۴- تحلیل نتایج. در مرحله اول ابتدا پژوهشگر هدف از کار خود را مشخص نموده و سپس بر اساس آن مرزهای سامانه مورد نظر خود را تعیین می‌نماید. در واقع مرز سامانه مشخص می‌نماید که مشکلات زیست‌محیطی را تا چه مرحله‌ای دنبال نماییم چرا که مشکلات زیست‌محیطی ممکن است حتی پس از تولید محصول یا فرآورده همچنان ادامه داشته باشند (شکل ۱). تعیین واحد کارکردی نیز باید در این مرحله مشخص شود که در بخش بعدی توضیح داده خواهد شد.

تعیین واحد کارکردی (FU[1])

واحد کارکردی مبنایی است که تمامی محاسبات در طول چرخه زندگی محصول براساس آن انجام می‌پذیرد (Guinee, 2004). در این مطالعه، واحد کارکردی در نظر گرفته شده، یک کیلوگرم شیر تصحیح شده براساس انرژی (ECM[2]) به‌صورت بسته‌بندی شده و شامل محصولات شیر، ماست و دوغ می‌باشد که در رابطه (۷) نحوه محاسبه آن آورده شده است (Bartl *et al.*, 2011). شیر پاستوریزه تولیدی کارخانه دارای چربی ۱/۵٪ بوده و مقادیر پروتئین و لاکتوز آن بر طبق استاندارد فائو ۳/۲٪ و ۴/۸٪ فرض شده است.

ECM=شیر×[۰/۰۳۸×چربی+۰/۰۲۴×پروتئین+۰/۰۱۷× لاکتوز (g kg^{-1})]/۳/۱۴ (۷)

در این رابطه واحد ECM و شیر kg day^{-1} و واحد بقیه g kg^{-1} می‌باشد. بر اساس این رابطه، ۱ kg ECM، معادل با ۱/۴۴ کیلوگرم شیر پاستوریزه می‌باشد.

تحلیل سیاهه (موجودی) (LCI[3])

در این مرحله داده‌هایی از منابع مورد استفاده شده، میزان انرژی مصرفی، مقدار آلاینده‌ها یا محصولات ثانوی استخراج شده از تولید محصول اولیه که همه این موارد بر اساس FU سنجیده می‌شوند. جزئیات بیشتر در مورد داده‌های لازم در جدول ۲ و ۳ ارائه گردیده است. اطلاعات مربوط به مواد شوینده، سوخت‌های فسیلی و مواد بسته‌بندی از پایگاه داده اکواینونت، انتشارات دی کا و IPCC (2006) اخذ گردیده است.

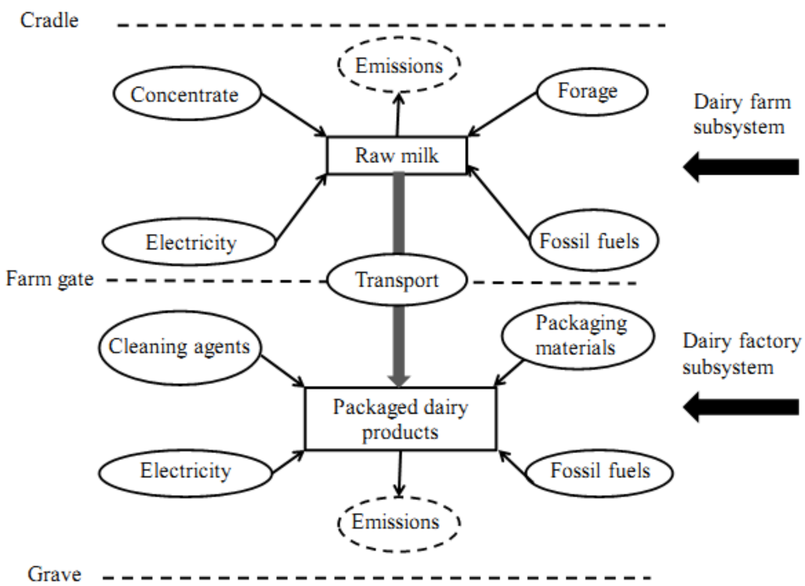
ارزیابی تأثیرات چرخه زندگی (LCIA[4])

در این بخش از نتایج بخش سوم (LCI) به‌منظور محاسبه گروه‌های تأثیرگذار زیست‌محیطی و بررسی اثرات فرآیند بر روی محیط‌زیست استفاده می‌گردد. به‌منظور انجام محاسبات ارزیابی چرخه زندگی از نرم‌افزار سیماپرو[5] استفاده شد (SimaPro, V7.3.3).

محصولات مورد بررسی شامل شیر پاستوریزه با بسته‌بندی نایلونی (PS[6]) و با وزن ۹۰۰ گرم (معادل با ۱/۴۴ kg ECM)، ماست با وزن ۷۰۰ گرم و بسته‌بندی PET[7] و دوغ پاستوریزه با بسته‌بندی نایلونی (PS) و با وزن ۹۰۰ گرم بودند. بنابراین برای تولید این سه محصول جمعاً نیاز به ۲/۸۹ kg شیر خام می‌باشد (جدول ۳). تمامی

1- Functional Unit
2- Energy Corrected Milk
3- Life Cycle Inventory Analysis
4- Life Cycle Impact Assessment
5- SimaPro
6- Polystyrene
7- Polyethylene terephthalate

اعداد موجود در جدول ۲ و ۳ با توجه به این عدد معادل‌سازی شده‌اند.



شکل ۱– شماتیکی از چرخه زندگی تولید شیر؛ کادرهای مربع مراحل اصلی این چرخه مشخص کرده‌اند. دایره‌ها نهاده‌های مورد نیاز را تعیین نموده‌اند و دایره‌های نقطه‌چین اثرات این دو زیرمجموعه را نشان می‌دهد.

Fig.1. System boundaries and schematic flow chart in life cycle of dairy products. Final products of the two subsystems are represented in blocks; Inputs from LCA databases are shown in continuous circles; and impacts associated are shown in discontinuous circles.

جدول ۲– داده‌های مورد نیاز برای تحلیل سیاهه در زیر سامانه دامپروری

Table 2- Global inventory data for dairy farm (subsystem 1) per functional unit (1 kg ECM)

نهاده‌های ورودی (Inputs)	مقدار (Value)	خروجی‌ها (Outputs)	درصد تخصیص% (Allocation)
کنسانتره (Concentrate)		شیر خام (Raw milk)	83
(Barley grain) دانه جو	109.85 g	گوشت (Meat)	2
(Maize grain) دانه ذرت	176.55 g	کود (Fertilizer)	15
(Soybean grain) دانه سویا	98.08 g	انتشارات به هوا و آب (Emissions to air and water)	مقدار (Value)
فولفت سویا (Soybean full fat)	68.66 g	متان (NH_4)	12.48 g
ملاس چغندرقند (Molasses, from sugar beet)	39.23 g	نیتروژن دی‌اکسید (N_2O)	0.33 mg
باگاس نیشکر (Bagasse, from sugarcane)	19.62 g	نیتروژن (N)	49.22 g
(Cotton seed) پنبه‌دانه	19.62 g	فسفر پنت اکساید (P_2O_5)	49.22 g
علوفه (Forage)		پتاسیم (P)	9.84 g
(Wheat straw) کاه گندم	5.57 g	انرژی (Energy)	مقدار (Value)
(Alfalfa) یونجه	18.10 g	گازوئیل (Gasoline)	0.41 MJ
(Silage Maize) ذرت سیلویی	74.91 g	گاز طبیعی (Natural Gas)	0.21 MJ
		الکتریسیته (Electricity)	0.2799 kWh

بر فرض مثال برای تأمین نیاز کارخانه به kg ۲/۸۹ شیر، نیاز بـه g ۹۸/۰۸ دانه سویا می‌باشد. درصد تخصیص در بـر اسـاس مطالعـه میسمی (Maysami, 2013) صورت گرفته است. بر این اسـاس ۸۳٪ انرژی تأمین شده توسط مواد غذایی در یـک دام بـالغ شـیرده صـرف تولید شیر می‌گردد، ۲٪ به تولید گوشت اختصاص یافته و ۱۵٪ نیز بـا فضولات دفع می‌گردند.

نتایج و بحث

تحلیل انرژی نهاده و ستانده در تولید شیرِ خام

نتایج بررسی الگوی مصرف انرژی در بخش دامداری در جدول ۴ مشاهده می‌گردد. طبق نتایج، انرژی لازم جهت تولید شیر برای یـک دام در یک سال برابر با ۹۴ گیگاژول است. خـوراک بـا ۴۵٪ مصـرف انرژی، بیشترین نهاده انرژی‌بر در این بخش بود و نهاده الکتریسیته با ۳۶٪ سهم، در رده بعدی مصرف انرژی قرار گرفت. سفیدپری (۲۰۱۲) و نبی‌پور و همکاران (۲۰۱۶) نیـز در بررسـی الگـوی مصـرف انـرژی به‌ترتیب در دامداری‌های استان‌های تهران و اصفهان ایـن مقـادیر را ۷۲ و ۵۶ گیگاژول به‌دست آوردند. خوراک نهاده‌ای است که مقـدار و کیفیت آن در مقدار و کیفیت شـیر تولیـدی اثـر مسـتقیم مـی‌گـذارد. پرمصرف‌ترین و پرکالری‌ترین جیره‌غذایی کنسانتره و کم‌مصرف‌تـرین و کم‌کالری‌ترین آن، کلش می‌باشد. الکتریسیته که از لحـاظ مصـرف انرژی در جایگاه دوم قرار دارد، در تجهیزاتی مانند شیردوش، آسیاب[1]، مخزن نگهداری شـیر و غیـره اسـتفاده مـی‌گـردد. اخیـراً بسـیاری از دامداران به استفاده از آب‌گرمکن‌های خورشیدی ترغیب شده‌اند. ایـن آب‌گرمکن‌هـا قادرنـد آب گـرم مـورد نیـاز، جهـت شستشـوی سـالن شیردوشی را پس از هر بار شیردوشی در روز تأمین نمایند. از آن‌جایی که این تجهیزات درصد بسیار جزئی از نیـاز دامپـروران بـه انـرژی را تأمین می‌کنند، بنابراین در بررسی الگوی مصرف انرژی نادیده گرفتـه شده‌اند. Moitzi و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیق خود در اتریش انرژی الکتریسیته را در دامداری‌های کوچک پرمصرف‌تـرین بخـش معرفـی کردند و نتیجه گرفتند که با بزرگ‌تر شدن و صنعتی شـدن واحـدهای دامداری، انرژی تأمین خـوراک در جایگـاه اول مصـرف انـرژی قـرار می‌گیرد.

شاخص‌های انرژی در جدول ۵ آمده اسـت. نسـبت انـرژی عـدد ۰/۶۷ به‌دست آمد که نشان‌دهنده‌ی ناکارآمد بودن دامپـروری در ایـن منطقه است. همچنین به‌ازای کیلوگرم شـیر تولیـدیِ هـر دام در دوره مورد نظر ۱۰/۹۶ مگاژول انرژی مصرف شده است. سفیدپری (۲۰۱۲) و نبی‌پور و همکاران (۲۰۱۶) این شاخص را به‌ترتیب $9/48$ MJ kg^{-1} و $7/18$ MJ kg^{-1} محاسبه نمودند. علـت بـالا بـودن میـزان مصـرف انرژی نسبت به سایر تحقیقـات مشـابه، بـالاتر بـودن میـزان انـرژی خوراک مصرفی در واحدهای بررسی‌شده می‌باشد، زیرا که این واحدها همگی پرتولید بوده و در جیره غذایی این دام‌ها میزان درصد کنسانتره و ذرت سیلویی در خوراک آن‌ها بالاتر بوده است.

تحلیل شاخص‌های انرژی در تولید فرآورده‌های لبنی

میزان مصرف انرژی کارخانه لبنیات تحت بررسـی از مجمـوع دو انرژی مصرفی الکتریسیته و گاز شهری بـه‌دسـت مـی‌آیـد. میـانگین انرژی مصـرفی در مـاه در کارخانـه لبنیـات ۵۵۵۲ گیگـاژول در مـاه به‌دست آمده است که در مقایسه با انرژی مصرف شـده در واحـدهای دامپروری بسیار بالاتر است و آن هم به دلیـل مصـرف بسـیار بـالاتر سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته می‌باشد. میانگین مصرف انرژی ویژه محصولات لبنی برای سوخت فسـیلی طبـق جـدول ۶ مقـدار ۳/۸۵ گیگاژول به ازای هر تن شیر ورودی محاسبه شد که از شـاخص‌هـای جهانی آن بسیار فاصله دارد. این شاخص در کشورهای پیشـرفته ۰/۶ گیگـاژول بـه‌ازای هـر تـن شـیر ورودی مـی‌باشـد و در بعضـی از کارخانـه‌هـای داخلـی نیـز اعـداد ۱/۶۹ و ۱/۳۳ گـزارش شـده اسـت (Farhangi, 2004). این بدان معنی است کـه سـامانه تولیـد بخـار و انرژی حرارتی کارخانه دارای رانـدمان بسـیار پـایینی اسـت و انـرژی فسیلی هدر می‌رود. همچنین میانگین مصرف انرژی ویژه محصـولات لبنی برای سوخت فسیلی در کشورهای پیشـرفته حـدود ۵۲ کیلـووات ساعت به‌ازای هر تن شیر ورودی می‌باشد که رقم بـه‌دسـت آمـده در کارخانه مورد نظر $1/30 \times 10^{3}$ kWh T^{-1} است. دلیل بـالا بـودن ایـن ضریب، پایین بودن راندمان سامانه تبرید و پمپ‌ها می‌باشد. همچنـین نشتی لوله‌های حامل بخار آب داغ و عایق نبودن آن‌هـا موجـب هـدر رفت انرژی می‌گردد. استفاده از دستگاه‌های استاندارد و با راندمان بالا که تلفات انرژی حرارتی در آن‌ها پایین‌تـر اسـت تـا حـدود زیـادی در کاهش مصرف انرژی تأثیرگذار است.

ارزیابی گروه‌های اثرگذار زیست‌محیطی

به‌منظور ارزیابی زیست‌محیطی فرآیند تولید فرآورده‌های لبنـی در شهرستان کرمانشاه، چرخه زندگی این فرآورده‌ها از مرحلـه ورود مـواد اولیه به دامداری تا تولید فراورده‌های لبنی بسته‌بندی شده کـه آمـاده توزیع مـی‌باشـند، مـورد بررسـی قـرار گرفت. گـروه‌هـای تأثیرگـذار زیست‌محیطی محاسبه شده در این دو سامانه به‌صورت مقایسـه‌ای در جدول ۷ آورده شده است. این نتایج در دو سناریو فراهم آمـده اسـت. تفاوت این دو سناریو مربوط به تفاوت در میزان تولیـدات کارخانـه در فصول گرم و سرد سال است. در ایـن جـدول یـازده مـورد شـاخص

1- Mixer

زیست‌محیطی قرار گرفته‌اند.

جدول ۳- داده‌های مورد نیاز برای تحلیل سیاهه در زیر سامانه کارخانه لبنیات در فصول گرم

Table 3- Global inventory data for dairy factory (subsystem 2) per functional unit (1 kg ECM)

نهاده‌های ورودی (Inputs)	**مقدار (Value)**	**خروجی‌ها (Outputs)**	**مقدار (Value)**
شیر خام (Raw milk)	2.89 kg	ECM	1000g
مواد شوینده (detergent)		ماست (Yogurt)	700 g
نیتریک اسید (HNO_3)	1.96 g	دوغ (Drinking yogurt)	1500 g
سدیم هیدروکساید	1.96 g	انتشارات به هوا و آب (Emissions to air and water)	مقدار (Value)
مواد بسته‌بندی (Packaging materials)		کربن منواکسید (CO_2)	375.04 g
پلی اتیلن سه لایه (Polyethylene 3 layer film)	10 g	متان (CH_4)	6.68 mg
پلی‌اتیلن ترفتالات (PET)	50 g	نیتروژن منواکسید (NO)	0.67 mg
پلی‌استیرن (PS)	25 g	COD[1]	241.1 mg
فیبر شیشه‌ای (Glass fiber)	13.5 g	BOD[2]	49.22 mg
کاغذ زخیم (Kraft paper)	28.5 g	ذرات معلق (Suspended solids)	49.22 mg
حمل و نقل (Transportation)	مقدار (Value)	نیتروژن (N)	9.84 mg
کامیون، ۳۲-۱۶ تنی (شیر خام) (Truck, 16-32 t (raw milk))	144.50 kg.km	فسفر (P)	1.97 mg
کامیون، ۳۲-۱۶ تنی (مواد شوینده) (Truck, 16-32 t (cleaning agent))	1.67 kg.km	روغن (Oil)	9.84 mg
کامیون، ۳۲-۱۶ تنی (مواد بسته‌بندی) (Truck, 16-32 t (packaging materials))	3.81 kg.km	کلرید (CL^-)	103.36 mg
انرژی (Energy)	مقدار (Value)	بازیافت زندگی (Waste to treatment)	مقدار (Value)
گاز طبیعی (Natural gas)	6.68 MJ	PET	30 g
الکتریسیته (Electricity)	0.29 kWh	PS	15 g

جدول ٤- مقادیر انرژی‌های ورودی و خروجی و درصد آنها در تولید شیر خام در دامپروری

Table 4- Quantity and energy equivalent of inputs and output in milk production in dairy farms

نهاده‌ها (Inputs)	**مقدار (Value) (Unit $Cow^{-1}.yr^{-1}$)**	**انرژی (Energy) (MJ $Cow^{-1}.yr^{-1}$)**	**انرژی (Energy) (MJ.$Month^{-1}$)**	**درصد (٪)**
ماشین (Machinery)	97.24	875.14	927.05	0.92
سوخت فسیلی (Fossil fuel)	189.79	8489.00	8992.58	8.96
خوراک (Feed)		42735.68	124.02	45.12
کنسانتره (Concentrate)	4265.30	26871.41	12.69	28.37
کلش (Wheat straw)	170.71	128.03	0.16	0.13
یونجه (Alfalfa)	1559.35	2339.03	0.81	2.46
ذرت سیلویی (Silage maize)	6089.64	13397.21	4.94	14.14
الکتریسیته (Electricity)	9589.97	34523.89	100.19	36.45
آب (Water)	7928.22	8086.79	8566.51	8.53
مجموع (Total Energy)	29890.24	94710.50	18610.18	100
ب) ستانده‌ها				
شیر (Milk)	8636.58	63910.68		90.77
کود (Fertilizer)	21653.50	6496.05		9.23

1- Chemical Oxygen Demand
2- Biological Oxygen Demand

جدول ۵- شاخص‌های انرژی در جریان تولید شیر در واحدهای دامپروری

Table 5- Energy forms in milk production in dairy farms

شاخص (Item)	مقدار (Value)
نسبت انرژی (Energy ratio)	0.67
بهره‌وری انرژی ($Energy productivity, kg MJ^{-1}$)	0.09
شدت انرژی ($Energy intensity, MJ kg^{-1}$)	10.96
انرژی خالص ($Net energy, MJ ha^{-1}$)	-30799.83

جدول ٦- مصرف انرژی و شاخص‌های آن در کارخانه لبنیات

Table 6- Quantity energy and their forms in dairy factory

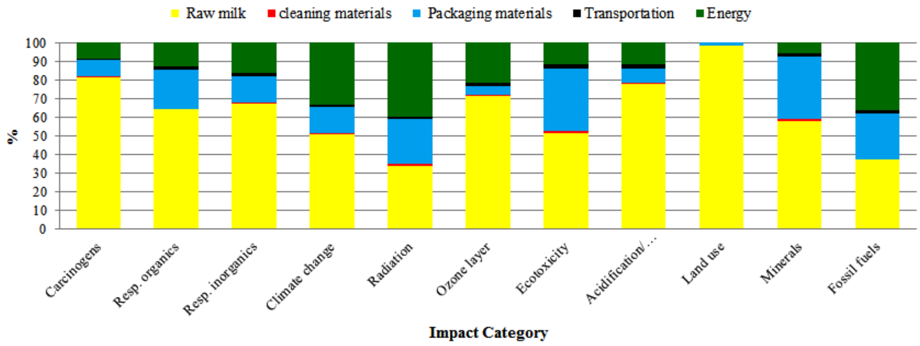
شاخص (Item)		واحد (Unit)	مقدار (Value)
میزان مصرف انرژی (consumed energy)	سوخت فسیلی (Fossil fuel)	MJ	1884.94×10^{3}
	الکتریسیته (Electricity)	MJ	3667.25×10^{3}
مجموع (Total)		MJ	5552.19×10^{3}
بهره‌وری انرژی (Energy productivity)		$T MJ^{-1}$	$10^{-3}\times0.28$
مصرف انرژی ویژه (Specific energy consumption)	سوخت فسیلی (Fossil fuel)	$MJ T^{-1}$	$10^{3}\times3.85$
	الکتریسیته (Electricity)	$kWh T^{-1}$	$10^{3}\times1.30$

مقایسه مقادیر گروه‌های تأثیرگذار زیست‌محیطی نشان می‌دهد که تخریب ایجاد شده در فصول سرد بیشتر فصول گرم می‌باشد (جدول ۷). در ماه‌های گرم سال حدود نصف شیر ورودی به کارخانه به دوغ تبدیل می‌گردد. از آن‌جایی که آب نصف مواد تشکیل‌دهنده این فرآورده می‌باشد، بنابراین در این ماه‌ها، با صرف انرژی کم‌تر محصولات بیشتری تولید خواهد شد و در نتیجه تخریب زیست‌محیطی کم‌تری صورت می‌پذیرد. علاوه بر این، نتایج نشان‌دهنده مسئول بودن سوخت‌های فسیلی نسبت به تخریب زیست‌محیطی می‌باشند. همچنین تولید هر کیلوگرم شیر تصحیح‌شده بر اساس انرژی (ECM) در خروجی کارخانه موجب تولید ۲/۷۱کیلوگرم کربن دی‌اکسید، ۲/۸۶ کیلوگرم سولفور دی‌اکسید و یون فسفات در فصول سرد سال می‌گردد. سلطانعلی و همکاران (۲۰۱۵) مقدار کربن دی‌اکسید آزاد شده در خروجی دامداری را ۱/۸۳ کیلوگرم به ازای هر کیلوگرم شیر تخمین زدند.

جدول ۷- ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی تولید فرآورده‌های لبنی در کارخانه در فصول گرم (W.S) و سرد سال (C.S)

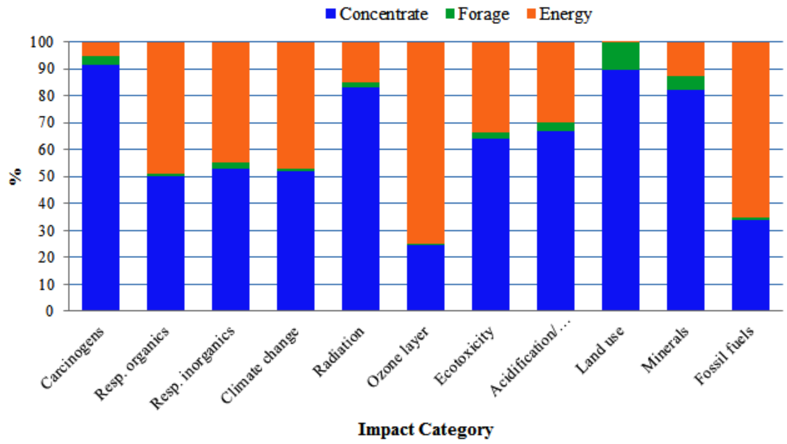
Table 7- Impact assessment results associated to the production of dairy products in different seasons

گروه‌های تأثیرگذار زیست‌محیطی (Inputs from technosphere)	واحد (Unit)	W.S	C.S
اختناق مواد آلی (Resp. organics)	$kg Chloroethylene into air_{-eq}$	0.11	3.4
اختناق مواد معدنی (Resp. inorganics)	$kg Ethylene into air_{-eq}$	0.38	1.1
مواد سرطان‌زا (Carcinogens)	$kg PM_{2.5} into air_{-eq}$	0.10	5.9
تشعشع (Radiation)	$Bq Carbon-14 into air_{-eq}$	0.76	2.2
تخریب لایه ازون (Ozone layer)	$kg CFC-11 into air_{-eq}$	0.56	1.64
سمیت (Ecotoxicity)	$kg Triethylene glycol into soil_{-eq}$	0.63	1.78
اسیدی شدن/اختناق دریاچه‌ای (Acidification/ Eutrophication)	$kg SO_2 into air_{-eq}$ ($kg PO_4^{3-} into water_{-eq}$)	0.99	2.86
تغییرات آب و هوایی (Climate change)	$kg CO_2 into air_{-eq}$	0.93	2.71
تقلیل خاک (Land use)	$m^2 Organic arable land_{-eq} yr$	0.29	8.5
تقلیل مواد معدنی (Minerals)	MJ	0.5	1.47
کاهش منابع فسیلی (Fossil fuels)	$MJ or kg Crude oil_{-eq} (860 kg/m^3)$	0.63	1.82



شکل ۲- تأثیرات زیست‌محیطی تولید فرآورده‌های لبنی در کارخانه در فصل سرد سال

Fig. 2. Contribution of production and use of inputs to environmental impact categories in cold seasons in dairy factory.



شکل ۳- تأثیرات زیست‌محیطی تولید شیر خام در دامداری

Fig. 3. Contribution of production and use of inputs to environmental impact categories in dairy farm

Gonzalez و همکاران (۲۰۱۳) این این عدد را ۱/۷۳ کیلوگرم در خروجی کارخانه بر اساس 1kg ECM محاسبه نمودند. تحلیل نرم‌افزار SimaPro در شکل ۲ بیانگر این است که نهاده شیرخام بزرگ‌ترین عامل در ایجاد تمامی گروه‌های تأثیرگذار زیست‌محیطی، به‌خصوص تقلیل خاک، ایجاد مواد سرطان‌زا و تولید مواد اسیدی به‌ترتیب با درصد اثرگذاری ۹۷/۶٪، ۷۸٪ و ۶۳/۶٪ می‌باشد. با رجوع به شکل ۳ مشخص می‌گردد که خوراک مصرفی و بالاخص مصرف کنسانتره در واحدهای دامپروری ایجادکننده بخش اعظم گروه‌های اثرگذار زیست‌محیطی به‌خصوص مواد سرطان‌زا، تقلیل خاک و کاهش مواد معدنی می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده از ارزیابی LCA جهت تولید 1 kg ECM با نتایج Gonzalez و همکاران (۲۰۱۳) در پرتغال سازگاری دارد. آن‌ها تولید شیر خام در دامداری را بزرگ‌ترین مسئول تولید عوامل مخرب زیست‌محیطی در بسیاری از شاخص‌ها برشمردند. تفاوت‌های دو مطالعه به‌خاطر روش انجام کار در داده‌های بخش تحلیل موجودی، قوانین تخصیص و به‌خصوص مواد متشکله کنسانتره است. در استان کرمانشاه، دامپروران صنعتی نیازمند استفاده از مواد مغذی، به دام‌های خود جهت بالا بردن میزان شیر تولیدی می‌باشند. نوع و میزان جیره غذایی را کارشناس تغذیه هر واحد دامپروری تعیین می‌نماید. Hospido و همکاران (۲۰۰۳)، علاوه بر تولید شیر خام، تهیه مواد بسته‌بندیِ شیر و سایر فرآورده‌های لبنی را عامل در ایجاد آلودگی دانستند.

تقاضای روز افزون به فرآورده‌های لبنی رابطه مسالمت‌آمیز بین دامپروری و منابع طبیعی را به‌هم زده است. در طی دوره‌های شیردوشی، دام‌های شیرده نسبت به سایر دام‌ها به میزان زیادی از مواد مغذی احتیاج دارند. جیره‌های غذایی هم باید بتواند نیاز دام را برطرف نماید و هم این‌که منابع طبیعی را تخریب نکند. تهیه کنسانتره موجب کشت فشرده محصولات کشاورزی زیادی شده است. کشت فشرده موجب تخریب خاک، آلودگی آب‌ها، فرسایش بادی و آبی و غیره شده است. همچنین کارخانه‌های متعددی جهت آسیاب کردن و ادغام این محصولات و همچنین اضافه کردن مکمل‌های زیادی به آن ایجاد شده‌اند. حمل و نقل ایجاد شده در این بین را نیز نباید نادیده گرفت.

در این ارزیابی بر روی تولید CH_4 و N_2O تأکید شده است.

بیشترین میزان متان تولیدی در اثر تخمیر روده‌ای است تا آزادسازی مستقیم از کود. دامداران این منطقه کود را به‌صورت خشک در جایی انباشته می‌کنند تا بعد از مدتی آن را به فروش برسانند. این کار کمترین انتشار آلودگی ممکن را به محیط‌زیست در پی دارد. درصورتی که دامداران بتوانند کود جامد را همراه با ادرار و اضافه کردن مقداری آب در مخازنی ذخیره نمایند، موجب تولید متان زیادی از این طریق شده و می توانند بخشی از انرژی مصرفی خود را از این طریق تأمین نمایند. به‌این‌ترتیب هم تولید آلودگی را کم‌تر کرده و هم اینکه از لحاظ اقتصادی صرفه‌جویی کرده‌اند.

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی الگوی مصرف انرژی در واحدهای دامپروری نشان دادند که خوراک مصرفی دام بیشترین سهم انرژی مصرفی را بر عهده دارد (۴۵٪) و بعد از آن الکتریسته در جایگاه دوم قرار می‌گیرد (۳۶٪). شاخص مصرف انرژی ویژه برای سوخت فسیلی حدود ۳/۸ محاسبه شد که از شاخص‌های جهانی آن رقم بزرگتری است. تولید شیر خام در واحدهای دامپروری، بزرگ‌ترین عامل در ایجاد تمامی گروه‌های تأثیرگذار زیست‌محیطی، به‌خصوص تقلیل خاک، ایجاد مواد سرطان‌زا و تولید مواد اسیدی به‌ترتیب با درصد اثرگذاری ۹۷/۶٪، ۷۸٪ و ۶۳/۶٪ می‌باشد که بعد از آن سوخت‌های فسیلی و الکتریسته دیگر عوامل مخرب بودند. همچنین تولید هر کیلوگرم شیر تصحیح‌شده بر اساس انرژی ۲/۷۱ کیلوگرم کربن دی‌اکسید به محیط زیست ساطع می‌کند.

References

1. Bartl, K., C. Gomez, and T. Nemecek. 2011. Life cycle assessment of milk produced in two smallholder dairy systems in the highlands and the coast of Peru. Journal of Cleaner Production 19: 1494-1505.
2. Boer, D. I. J. M. 2002. Environmental impact assessment of conventional and organic milk production. Livestock Production Science 80: 69-77.
3. Coley, D.A., E. Goodliffe, and J. Macdiarmid. 1998. The embodied energy of food: the role of diet. Energy Policy 26: 455-459.
4. Consoli, F. 1993. Guidelines for life cycle assessment: A code of practice. Sesimbra: SETAC.
5. Daneshi, A., A. Esmaili-sari, M. Daneshi, and H. Baumann. 2014. Greenhouse gas emissions of packaged fluid milk production in Tehran. Journal of Cleaner Production 80: 150-158.
6. Farhangi, Z. 2004. Optimization of energy consumption in milk industry, Iran Energy Efficiency Organization.
7. Gonzalez-Garcia S., E. G. Castanheira, A. Claudia Dias, and L. Arroja. 2013. Using life cycle assessment methodology to assess UHT milk production in Portugal. Science of the Total Environment 442: 225-234.
8. Guinee, J. B. 2004. Hand book on life cycle assessment. Operation guide to ISO standards. Kluwer Academic Publishers: New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow.
9. Hospido A., M. T. Moreira, and G. Feijoo. 2003. Simplified life cycle assessment of galician milk production. International Dairy Journal 13: 783-796.
10. ISO. 2006. ISO 14040. Environmental management. Life cycle assessment-principal and framework. Second edition. Switzerland.
11. Kitani, O. 1999. CIGR handbook of agricultural engineering, Volume 5: Energy and biomass engineering. ASAE Publications, St Joseph, MI.
12. Korsström, E., and M. Lampi. 2001. Best available techniques (BAT) for the Nordic dairy industry, Nordic Council of Ministers. Available at: http://www.ust.is/media/skyrslur2002/BAT_mjolkuridn_2001-586.pdf.
13. Maysami, M. A. 2013. Energy efficiency in dairy cattle farming and related feed production in Iran. Ph.D. thesis in agriculture. Faculty of agriculture and horticulture at Homboldt-University of Berlin.
14. Meul, M., F. Neven, D. Reheul, and G. Hofman. 2007. Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. Agriculture, Ecosystems & Environment 119: 135-144.
15. Mogensen L., T. Kristensen, L. T. Nguyen, M. T. Knudsen, and J. E. Hermansen. 2014. Method for calculating carbon footprint of cattle feeds – including contribution from soil carbon changes and use

of cattle manure. Journal of Cleaner Production 73: 40-51.
16. Moitzi, G., D. Damm, H. Weingartmann, and J. Boxberger. 2001. Analysis of energy intensity in selected Austrian dairy farms with focus on concentrate level in feeding. Bulletin UASVM Agriculture 67: 194-97.
17. Mousavi-Avval, S. H., Sh. Rafiee, A. Jafari, and A. Mohammadi. 2011. Energy flow modeling and sensitivity analysis of inputs for canola production in Iran. Journal of Cleaner Production 19: 1464-1470.
18. Nabipoor, H., R. Abedi, and R. Loghmanipoor. 2016. Calculation of energy consumption indexes and GHG emissions in dairy farms in Isfahan. The First National Conference on New Findings of Research in Agriculture and Natural Resources, Iran.
19. PRé Consultants. 2003. SimaPro 5 Database Manual.
20. Ramedani, Z., Sh. Rafiee, and M. D. Heidari. 2011. An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. Energy 36: 6340-6344.
21. Rafiee, Sh., B. Khoshnevisan, I. Moahammadi, M. Aghbashlo, H. Mousazadeh, and S. Clark. 2016. Sustainability evaluation of pasteurized milk production with a life cycle assessment approach: An Iranian case study. Science of the Total Environment 562: 614-627.
22. Sainz, R. D. 2003. Livestock-Environment Initiative Fossil Fuels Component: Framework for Calculation Fossil Fuel Use in Livestock Systems [online] http://www.fao.org.
23. Sefeedpari, P. 2012. Assessment and Optimization of Energy Consumption in Dairy Farm: Energy Efficiency. Iranica Journal of Energy & Environment 3: 213-224.
24. Singh, S., and J. P. Mittal. 1992. Energy in Production Agriculture, Mittal Pub, New Delhi.
25. Soltanali, H., B. Emadi, A. Rohani, M. Khojastepour, and A. Nikkhah. 2015. Life Cycle Assessment modeling of milk production in Iran. Information Processing in Agriculture 2: 101-108.
26. Wells, C. 2001. Total energy indicators of agricultural sustainability: dairy farming case study. MAF Policy, Ministry of Agriculture and Forestry, PO Box 2526, Wellington.
27. Yilmaz, I., H. Akcaoz, and B. Ozkan. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton productionin Turkey. Renewable Energy 30: 145-155.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 8, No. 2, Fall - Winter 2018, p. 435-447

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۸، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۷، ص ۴۴۷-۴۳۵

Evaluating the Energy Consumption and Environmental Impacts in Milk Production Chain (Case Study: Kermanshah City of Iran)

Z. Ramedani[1*]- R. Abdi[2]- M. Omid[3]- M. A. Maysami[4]

Received: 07-04-2017
Accepted: 02-07-2017

Introduction

Life cycle assessment of food products is an appropriate method to understand the energy consumption and production of environmental burdens. Dairy production process has considerable effect on climate change in various ways, and the scale of these effects depends on the practices of dairy industry, dairy farmers and feed growers. This study examined the life cycle of production of dairy products in Kermanshah city. For this purpose, the whole life was divided in two sections: production of raw milk in dairy farm and dairy products in dairy industry. In each section the energy consumption patterns and environmental burdens were evaluated. Based on the results, the consumed energy in dairy farm was 6286.29 MJ for amount of produced milk in month. Also animal feed was the greatest energy consumer with the value of 45.12% that the maximum amount of this value was for concentrate. The minimum consumption of energy was for the machinery with 0.92 MJ in a month. Results of life cycle assessment of dairy products showed that in dairy industry raw milk input causes most of impact categories especially land use, carcinogens and acidification. In dairy farms, concentrate was effective more than 90% in production of impact categories included: land use and carcinogens. Using digesters for production biogas and solar water heaters in dairy farm can decrease fossil recourses.

Material and Methods

Based on ISO 14044, standards provide an overview of the steps of an LCA: (1) Goal and Scope Definition; (2) Life Cycle Inventory Analysis; (3) Life Cycle Impact Assessment; and (4) Interpretation (ISO, 2006). In this study there were two sub-systems in the production line: dairy farm sub-system (1) and dairy factory sub-system (2). In the sub-system related to the dairy farm, the main product was milk. Determination of inputs and outputs in each sub-system, energy consumption, transportation and emissions to air and water as well as waste treatment are the requirements of LCI. However each of them has several components. These components are different in both sub-systems. All the detailed data about energy equivalent in dairy farm is shown in Table 1. More detailed data about inventories description of two sub-systems are shown in Tables 3 and 4. The SimaPro 7.3.2 was used for analyzing the collected data for calculating environmental burdens (Pré Consultants, 2012).

Results and Discussion

Based on the developed models with SimaPro software for dairy products in the factory, various emissions were generated including emissions into the air, soil and water. The most prevalent emissions are summarized in Table 7. In warm season about half of the milk is processed into drinking yoghurt. Since water is one half of the component of this product so more amount of drinking yoghurt can be achieved with lower energy consumption (about 50%). Furthermore, these results indicated that the magnitude of fossil fuels was much greater than all others. It was followed by land use and respiratory inorganics. The most amount of the consumption of the fossil fuels was the production of energy requirements for heating systems at boilers and tractors in dairy factory and farm, respectively. Also the transportation of raw milk to the dairy industry was another source of the pollution. Also the energy consumption pattern in the dairy farm revealed that the concentrate have high contribution in energy consumption.

1- Ph.D. in Agricultural mechanization engineering, University of Tabriz, Iran
2- Associate Professor, Department of Biosystems Engineering, University of Tabriz, Iran
3- Professor, Department of Biosystems Engineering , University of Tehran, Iran
4- Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, University of Tabriz, Iran
(*- Corresponding Author Email: zeynab.ramedani@gmail.com)

Conclusions

Results of the energy consumption pattern showed that the animal feed was the greatest energy consumer with value of 45.12% and followed by electricity (36%). Energy consumption index for the fossil fuel was calculated about 3.8 that is higher than the global index. Production of raw milk in dairy farm is responsible in the production of impact categories especially land use, carcinogenic and acidification with contribution of 97.6%, 78%, and 63%, respectively. Also the amount of CO_2-eq was estimated 2.71 kg for the production of 1kg ECM in cold seasons.

Keywords: Cradle-to-grave, Dairy products, Life cycle assessment, Midpoint categories